

ОБЛАСТИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ SNO 76 И RCW 105

А.Л.ГЮЛЬБУДАГЯН

Поступила 30 ноября 2016

Принята к печати 7 июня 2017

Рассмотрены две области звездообразования, расположенные на южном небе. Первая из них, SNO 76, состоит из звезд, образующих систему типа трапеции, а также из ИК звезд и звезд с пылевыми оболочками. С одной из указанных звезд связана кометарная туманность. Эта звезда является переменной с амплитудой 3^m 77. С данной системой связан точечный ИК источник IRAS 10138-6004. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения молекулярного облака, связанного с этой областью звездообразования, выявили наличие красного и синего истечений. Вторая область звездообразования, RCW 105, состоит из двух групп звезд и звезд на ярких волокнах. Среди указанных звезд имеются ИК звезды и звезды с пылевыми оболочками. Рассматриваемая область звездообразования расположена в радиальной системе темных глобул I-го вида, образованной звездой HD 144969. Эта система не входит в известные каталоги радиальных систем.

Ключевые слова: *область звездообразования; молекулярное истечение; ИК звезды*

1. *Введение.* При обзоре карт Южного неба нами был предпринят поиск новых областей звездообразования; объектов Хербига-Аро; групп звезд, составляющих тесные системы типа трапеции; звезд с кометарными туманностями [1,2]. У некоторых из этих объектов найдены молекулярные истечения (см. например, [3,4]).

Как известно, области звездообразования бывают двух видов [5]: области, связанные с гигантскими молекулярными облаками (ГМО), в которых рождаются звезды с большими массами и области звездообразования, в которых рождаются звезды малых и средних масс. Исследованные в данной статье области звездообразования относятся ко второму виду.

2. *Область звездообразования SNO 76.* Эта область звездообразования состоит из системы типа трапеции, содержащей пять звезд, а также из ИК звезд, объекта X-A и звезды с кометарной туманностью (см. рис. 1a и 1b). Эта область звездообразования связана с молекулярным облаком и находится на его краю.

В [6] была введена свободная величина покраснения $Q=(J-H)-1.7(H-K)$. Если для данной звезды $Q < -0.10$, то можно утверждать, что вокруг звезды имеется пылевой диск [6]. Ниже приводится табл.1, в которой даны цвета звезд из области звездообразования SNO 76 (данные взяты из [7]). В табл.1 в первом столбце приводится номер звезды, во втором и третьем - координаты

звезды, в столбцах 4-9 даны цвета звезды, в столбце 10 - величина Q

Как видно из табл.1, звездами с пылевыми оболочками являются звезды NN5 и 6, так как для них $Q < -0.10$. Звезды, составляющие систему типа трапеции (звезды NN9, 11, 13, 14 и 15), имеют очень близкие цвета. Так,

Таблица 1

ДАнные О ЗВЕЗДАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБЛАСТЬЮ
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ SNO 76

NN	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	V	$B - V$	$B - R$	J	$J - H$	$H - K$	Q
1	$10^{\text{h}}15^{\text{m}}28^{\text{s}}.67$	-60°19'19".9		$B = 15.93$	-1.050	15.964	2.355	0.952	0.737
2	10 15 28.67	-60 19 04.0	14.61	-1.290	-1.280	14.514	0.228	0.099	0.06
3	10 15 28.71	-60 19 20.9		$B = 17.51$	0.870				
4	10 15 29.07	-60 19 17.4				15.989	2.218	0.932	0.734
5	10 15 29.19	-60 19 10.7				14.993	-0.446	0.655	-1.559
6	10 15 29.37	-60 19 06.9				16.201	0.791	1.667	-2.043
7	10 15 30.26	-60 19 25.1	13.96	0.310	0.750	13.334	0.391	0.092	0.235
8	10 15 30.72	-60 19 12.2	13.65	1.87		12.842	0.989	0.611	-0.05
9	10 15 30.89	-60 18 44.6	12.24	0.056	0.081	12.107	0.103	0.054	0.012
10	10 15 32.22	-60 19 15.0	16.67		$R = 14.54$	13.419	1.071	0.445	0.314
11	10 15 33.06	-60 18 26.4	11.46	0.166	0.253	11.907	0.068	0.058	-0.031
12	10 15 33.38	-60 18 38.4				9.781	1.341	0.560	0.389
13	10 15 36.22	-60 18 18.6	11.71	0.092	-0.021	11.698	0.122	0.026	0.078
14	10 15 36.35	-60 18 31.9	11.66		$R = 9.60$	11.971	0.040	-0.014	0.064
15	10 15 39.11	-60 18 34.1	12.39	0.346	0.451	11.805	0.109	0.008	0.085

в цвете B разница между максимальной и минимальной величиной для этих пяти звезд - 1.1, в цвете V - 0.93, в цвете R - 0.90, в цвете J - 0.41, в цвете H - 0.33, в цвете K - 0.25. Из этих данных можно заключить, что эта разница уменьшается в длинноволновую сторону, где также уменьшается и поглощение. Можно предположить, что разницы цветов у этих пяти звезд в видимой области спектра на самом деле такие же малые, как например, в ИК цветах, но из-за расположения звезд в местах с разными поглощениями эти разницы в цвете получаются больше в видимом диапазоне (из-за зависимости поглощения от длины волны). Близкие значения цветов этих пяти звезд скорее свидетельствуют об их физической связи, чем о случайном близком расположении. Объект N3 из табл.1, по-видимому, является объектом Хербига-Аро (Х-А). В [8] для известных объектов Х-А приводится табл.6, из которой можно сделать вывод о том, что у известных объектов Х-А в основном имеются два цвета: B и R . У объекта N3 из табл.1 также имеются только два этих цвета, причем сравнительно низкое значение $B - R$ у этого объекта согласно [8] свидетельствует о том, что это объект Х-А высокого возбуждения. Звезда N8 из табл.1 является звездой с кометарной туманностью в виде конуса. В табл.1 у этой звезды

$V = 13^m.65$, а в [9] для этой звезды приводится $V = 17^m.42$, отсюда можно заключить, что эта звезда переменная с амплитудой $3^m.77$, т.е. это переменная с большой амплитудой (с учетом наличия кометарной туманности можно предположить, что это звезда типа Т Тельца или A_c/V_c Хербига). Нужно отметить, что звезда с кометарной туманностью и объект Хербига-Аро находятся рядом и волокна от объекта тянутся в сторону звезды (см. рис.1b), что может свидетельствовать о возможном выбросе объекта из звезды.

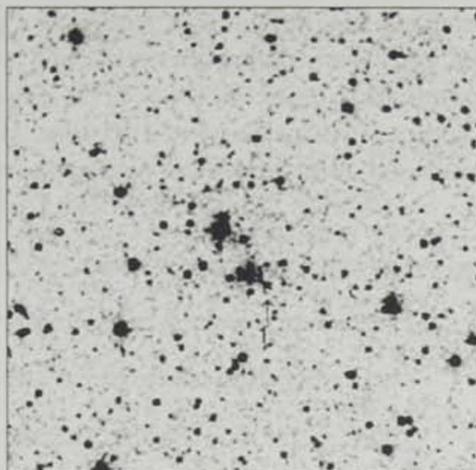
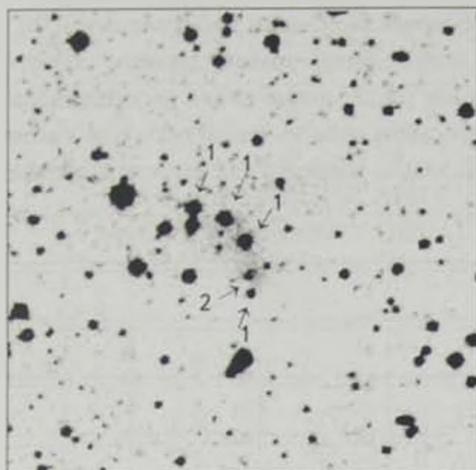


Рис.1а. DSS2 R изображение области звездообразования SNO 76. 1 - звезда, составляющие систему типа трапедии, 2 - звезда с кометарной туманностью Север наверху, восток слева. Размеры изображения $6'' \times 6''$.

Рис.1б. 2MASS K изображение области звездообразования SNO 76. 1 - объект Хербига-Аро. Север наверху, восток слева. Размеры изображения $6'' \times 6''$.

С объектом SNO 76 связан точечный ИК источник IRAS 10138-6004 [10]. В [11] предлагаются следующие ИК цвета для ИК источников: $R(1,2) = \log((F(25) \times 12)/(F(12) \times 25))$; $R(2,3) = \log((F(60) \times 25)/(F(25) \times 60))$; $R(3,4) = \log((F(100) \times 60)/(F(60) \times 100))$. Для трех видов объектов ИК цвета попадают во вполне определенные интервалы. 1. Объекты, связанные с мазерами воды. $R(1, 2) = (0.2 - 0.8)$; $R(2, 3) = (0 - 1.3)$; $R(3, 4) = (-0.3 - 0.3)$. 2. Звезды типа Т Тельца. $R(1, 2) = (-0.25 - 0.15)$; $R(2, 3) = (-0.5 - 0.1)$; $R(3, 4) = (-0.25 - 0.2)$. 3. Холодные источники, погруженные в темные облака (предположительно звезды на ранней стадии эволюции). Для них $R(3, 4) > 0.3$. Для IRAS 10138-6004, употребив значения ИК величин из [10], для ИК цветов будем иметь следующие значения: $R(1,2) = -0.097$, $R(2,3) = 0.58$, $R(3,4) = 0.11$. Данные значения не удовлетворяют ни одному из перечисленных выше объектов. В [12] нами предлагается ввести новый тип, промежуточный между типами 1 и 2. Для подобных многочисленных ИК объектов в [12] предложены вполне определенные

узкие интервалы: $R(1, 2) = (-0.3 - 0.1)$; $R(2, 3) = (0.38 - 0.87)$; $R(3, 4) = (0 - 0.28)$. ИК цвета объекта IRAS 10138-6004 как раз попадают в эти интервалы.

3. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения молекулярного облака, связанного с объектом SNO 76. Наблюдения проведены 30 августа 2003г. на 15-м SEST (Швеция - ESO субмиллиметровый телескоп) телескопе в Серро Ла Силья, Чили. На 111GHz диаграмма направленности телескопа $45''$ и эффективность пучка 0.70. Использована частотная модуляция. Наблюдения в направлении источника проведены с пространственными интервалами в $40''$. На рис.2 приводятся спектры $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдений молекулярного облака, связанного с объектом SNO 76. На основании рис.2 можно найти распределение скоростей в исследованной области. Из рисунка можно заключить, что кроме основного пика излучения примерно на -0.5 км/с, имеются также молекулярные

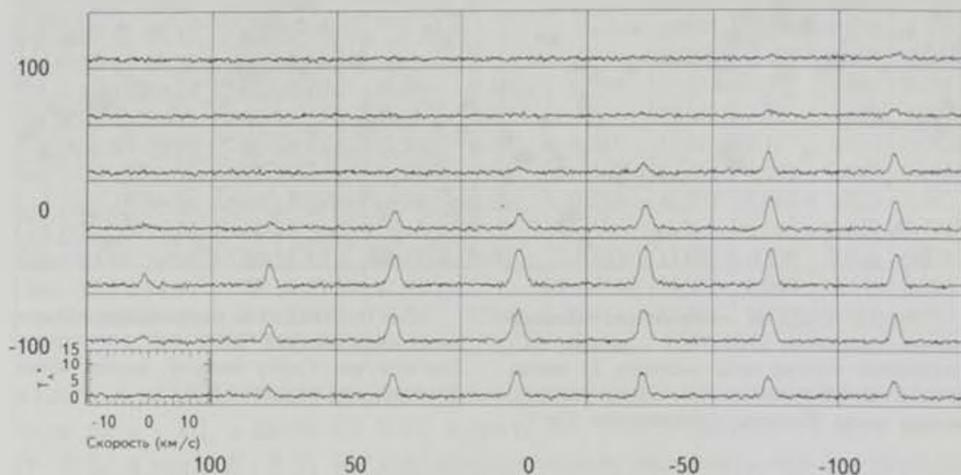


Рис.2. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры части молекулярного облака вокруг объекта SNO 76.

истечения, смещенные в красную и синюю области спектра. "Красное истечение" попадает в интервал скоростей $0 + 0.488$ км/с (или имеет среднюю скорость 0.74 км/с по отношению к скорости основного облака), а "синее истечение" - в интервал $-1.296 + -0.854$ км/с (или имеет среднюю скорость -0.58 км/с по отношению к скорости основного облака). Ниже приводится табл.2, ячейки в которой соответствуют ячейкам на рис.2. В ячейках таблицы помещены скорости в км/с, а при наличии "красного" или "синего" истечений в ячейках имеются соответственно знаки "+" или "-".

Чтобы лучше представить распределение молекулярного излучения вдоль облака, в табл.3 представлено распределение антенной температуры вокруг объекта SNO 76. Ячейки в таблице соответствуют ячейкам на рис.2. Антенные

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ $^{12}\text{CO}(1-0)$ МОЛЕКУЛЯРНОГО ОБЛАКА ВОКРУГ ОБЪЕКТА SNO 76

		-0.488				-0.488	-0.488
		-0.366	-0.122	-0.732		-0.854	-0.610
-0.732		-0.244	-0.488	-0.610	"+"	-0.732	-0.610
-0.488	-0.366	-0.488	-0.488	-0.366	"+"	-0.488	-0.488
-0.488	-0.488	-0.366	-0.488	"+"	"+"	-0.488	-0.366
-0.610	-0.488	-0.488	-0.488	"+"	"+"	-0.610	-0.488
	-0.610	-0.488	-0.610	-0.732		-0.732	-0.610

Таблица 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АНТЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВДОЛЬ МОЛЕКУЛЯРНОГО ОБЛАКА ВОКРУГ ОБЪЕКТА SNO 76

		3			4	4
		3	3	5	6	5
4		4	5	8	16	14
6	6	14	13	18	27	21
10	18	20	28	30	29	24
5	13	21	25	25	23	22
	11	17	19	20	16	13

температуры приведены в единицах 0.4 К.

Из табл.3 можно заключить, что объект SNO 76 находится на краю молекулярного облака.

4. Область звездообразования *RCW 105*. Эта область звездообразования в видимой области спектра состоит из группы звезд, связанной с яркой туманностью, причем из одной из звезд выходят яркие волокна (см. рис.3а). На 2MASS K изображении уже видны две группы ИК звезд (см. рис.3б). Ниже в табл.4 приводятся данные о звездах из области звездообразования *RCW 105*. В первом столбце таблицы - номер звезды, во втором и третьем - координаты, в столбцах 4-9 - цвета звезд (данные взяты из [7]), в столбце 10 - величина Q . Об этой величине (свободной величине покраснения) сказано выше. Выражение $Q < -0.10$ указывает на наличие вокруг звезды пылевого диска.

Как видно из табл.4, четыре звезды, NN15, 20, 21 и 22, обладают пылевыми оболочками, так как для них $Q < -0.10$. К первой группе звезд относятся звезды NN1 - 6, а ко второй группе - звезды NN7 - 22. Все четыре звезды с пылевыми оболочками относятся ко второй группе. Ко второй

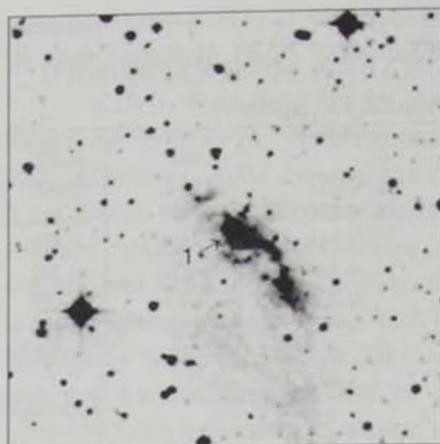


Рис.3а. DSS2 R изображение области звездообразования RCW 105. 1 - звезда с волокнами. Север наверху, восток слева. Размеры изображения 6" x 6"

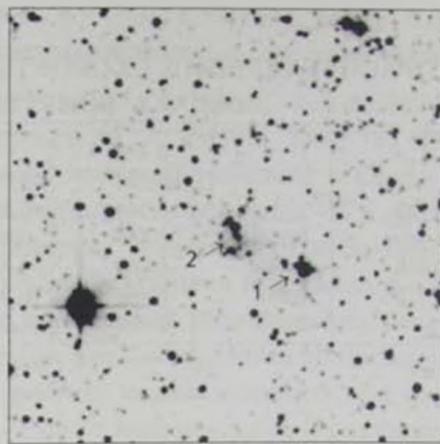


Рис.3б. 2MASS K изображение области звездообразования RCW 105. 1 - первая группа звезд, 2 - вторая группа звезд. Север наверху, восток слева. Размеры изображения 6" x 6"

Таблица 4

ДАнные О ЗВЕЗДАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБЛАСТЬЮ
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ RCW 105

NN	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	V	B - V	B - R	J	J - H	H - K	Q
1	16 ^h 10 ^m 31 ^s .94	-49°06'07".9	17.74		R= 19.01	15.518	2.326	0.509	1.561
2	16 10 32.88	-49 06 12.0			R= 13.69	9.207	1.584	0.678	0.432
3	16 10 33.39	-49 06 21.8				14.733	1.483	0.564	0.524
4	16 10 33.50	-49 06 08.6				14.554	1.561	0.552	0.623
5	16 10 34.43	-49 06 09.3	16.22	0.630		14.131	2.202	0.548	1.271
6	16 10 34.50	-49 06 06.2				12.833	1.494	0.608	0.460
7	16 10 37.45	-49 05 14.3				14.484	1.170	0.545	0.244
8	16 10 37.50	-49 05 59.1				13.884	1.401	0.771	0.09
9	16 10 37.66	-49 05 18.9	16.87	0.610		14.316	0.544	0.206	0.194
10	16 10 37.82	-49 05 25.1				14.928	2.644	0.596	1.631
11	16 10 38.03	-49 05 23.0	17.35	-0.07		12.912	1.108	0.621	0.052
12	16 10 38.17	-49 05 56.3				15.965	2.312	1.208	0.26
13	16 10 38.18	-49 06 01.9				15.400	1.374	0.00	1.374
14	16 10 38.22	-49 05 54.6				15.025	1.490	0.404	0.80
15	16 10 38.36	-49 05 45.3				14.605	1.241	0.970	-0.41
16	16 10 38.64	-49 05 36.7	12.72	0.021	0.033	9.825	0.306	0.178	0.003
17	16 10 38.65	-49 05 42.6				13.996	1.032	0.510	0.165
18	16 10 39.13	-49 05 31.0				12.364	0.535	0.335	-0.07
19	16 10 39.47	-49 05 34.6				13.909	1.181	0.596	0.167
20	16 10 39.84	-49 05 44.4				14.849	0.468	1.336	-1.80
21	16 10 39.95	-49 05 47.6				14.685	0.707	0.611	-0.33
22	16 10 41.63	-49 05 09.8	17.85	0.710	3.720	14.855	0.677	0.455	-0.11

группе относится звезда N16 (спектрального класса OB, согласно [13]). Из этой звезды выходит несколько волокон, одна из них похожа на струю.

Кроме вышеназванных двух групп звезд, в этой области звездообразования имеются также звезды, находящиеся на ярких волокнах (струях?), выходящих из звезды N16. Данные об этих звездах приведены в табл.5. Столбцы в этой таблице те же, что и в табл.1 и 4.

Таблица 5

ДАННЫЕ О ЗВЕЗДАХ НА ЯРКИХ ВОЛОКНАХ

NN	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	V	$B - V$	$B - R$	J	$J - H$	$H - K$	Q
1	16 ^h 10 ^m 37.40	-49°05'07".4	17.45	2.370	2.520	14.108	1.134	0.743	-0.129
2	16 10 37 .66	-49 05 18 .9	16.87	0.610		14.316	0.544	0.206	0.194
3	16 10 38 .03	-49 05 23 .0	17.35	-0.070		12.912	1.108	0.621	0.052
4	16 10 41 .63	-49 05 09 .8	17.14	0.710	3.720	14.855	0.677	0.455	-0.107
5	16 10 42 .58	-49 05 59 .4	15.98	2.130	3.230	11.358	1.053	0.384	0.400

Как видно из табл.5, две звезды, NN1 и 4, имеют пылевые оболочки, так как для них $Q < -0.10$.

Область звездообразования RCW 105 находится в области III и в радиальной системе темных глобул, образованной звездой HD 144969 (см. рис.4). На рис.5a, 5b приведены темные глобулы с яркими римами (ободками)

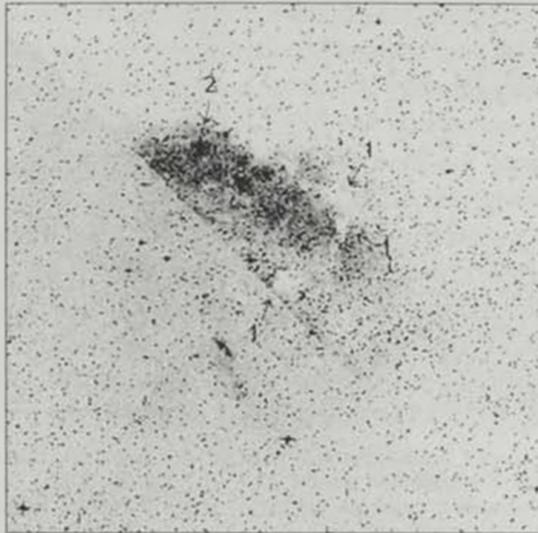


Рис.4 DSS2 R изображение радиальной системы темных глобул с центром на звезде HD 144969 1 - темные глобулы, 2 - звезда HD 144969. Север наверху, восток слева. Размеры изображения 48" x 48".

из радиальной системы, образованной звездой HD 144969 (спектральный класс B1 III). Эта радиальная система является радиальной системой I типа [14], т.е. у нее есть центральная звезда класса O-B2, вокруг звезды имеется область III, в которую погружены темные глобулы (некоторые из них имеют яркие ободки - римы), причем темные глобулы имеют радиальную, относительно центральной звезды, ориентацию. Нами в [15] был предпринят поиск новых радиальных систем на картах южного неба. Радиальной системы с центром на звезде HD 144969 в данной статье нет, поэтому эта радиальная система является новой. Определяя расстояние до звезды HD 144969, мы тем самым определяем расстояние как до радиальной системы, так и до RCW 105. В [7] для HD 144969 приводятся следующие величины: $V = 8^m.335$, $B - V = 0.760$, спектральный класс B1 III. Для звезды этого спектрального класса из [16] имеем $M_v = -4^m.5$, $(B - V)_0 = -0.3$. Отсюда для модуля расстояния будем иметь: $V - M_v - A_v = V - M_v - 3.3((B - V) - (B - V)_0) = 9.335$, что соответствует расстоянию в 730 пк. В [17] приводится параллакс для этой звезды: $(2.24 \pm 1.24) (10^{-3})''$, что соответствует расстоянию в интервале (290 - 1000) пк. Найденное нами расстояние попадает в этот интервал. Чтобы подтвердить полученное нами значение расстояния, попытаемся использовать другой метод. Найдем другую область III, также образованную звездой класса B1 III. В [15] такой областью

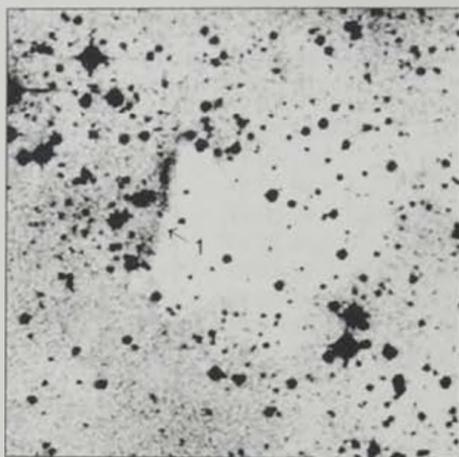


Рис.5а. DSS2 R изображение одной из темных глобул радиальной системы вокруг звезды HD 144969. 1 - яркий рим (ободок), связанный с глобулой. Север наверху, восток слева. Размеры изображения $6'' \times 6''$. Координаты центра глобулы: $\alpha(2000) = 16^h 09^m 56^s.9$; $\delta(2000) = -48^\circ 59' 49''.2$.

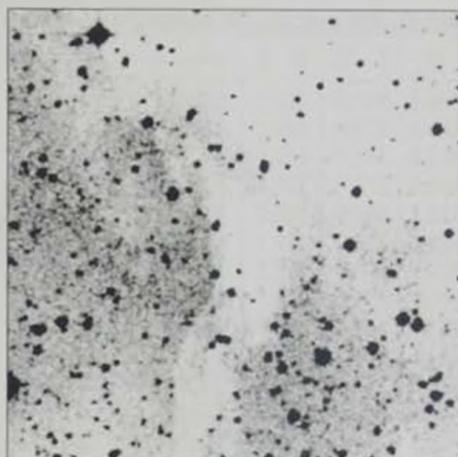


Рис.5б. DSS2 R изображение одной из темных глобул радиальной системы вокруг звезды HD 144969. Координаты центра глобулы: $\alpha(2000) = 16^h 09^m 33^s.2$; $\delta(2000) = -48^\circ 55' 28''.0$. Север наверху, восток слева. Размеры изображения $6'' \times 6''$.

является N13 из табл.1. Ввиду того, что у обеих областей НП освещающей звездой является звезда класса ВIII, диаметры областей НП должны быть примерно равны. С объектом N13 связана звезда HD 167815. Оценим расстояние до этой звезды. Из [7] имеем: $V = 7^m.59$, $B - V = 0.137$, спектральный класс В1 III. Для звезды этого спектрального класса из [16] имеем: $M_V = -4^m.5$, $(B - I)_0 = -0.3$. Отсюда для модуля расстояния имеем: $V - M_V - A_V = V - M_V - 3.3((B - I) - (B - I)_0) = 10.65$, что соответствует расстоянию в 1.3 кпк. Если предположить, что области НП для этих двух звезд должны быть примерно равны, то видимые размеры должны быть примерно обратно пропорциональны расстояниям до этих звезд, отсюда для отношений расстояний будем иметь: $1.3 \text{ кпк} / 0.73 \text{ кпк} = 1.78$. Отношение видимых размеров областей для этих звезд равно 1.7, что очень близко к полученному выше ожидаемому значению. Отсюда можно заключить, что полученное нами расстояние до звезды HD 144969 соответствует действительности.

5. *Заключение.* В статье исследованы две области звездообразования, SNO 76 и RCW 105. В состав первой области входит система типа трапеции, состоящая из пяти звезд, имеющих очень близкие значения во всех цветах, что указывает на физическую близость этих звезд. В первой области имеются также ИК звезды и звезды с пылевыми оболочками, объект Хербига-Аро и звезда с кометарной туманностью в виде конуса. Эта звезда является переменной с амплитудой $3^m.77$ в цвете V . Подобное поведение (связь с кометарной туманностью и переменность с большой амплитудой) типично для звезд типа Т Тельца. Звезда и объект Хербига-Аро соединены волокнами, что может свидетельствовать о выбросе объекта из звезды. С указанной областью связан точечный ИК источник IRAS 10138-6004. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения молекулярного облака, связанного с этой областью, показали наличие красного и синего истечений из этой области звездообразования. Красное истечение имеет скорость примерно 0.74 км/с по отношению к скорости самого облака, а синее истечение - скорость примерно -0.58 км/с по отношению к скорости облака. Вторая область звездообразования RCW 105 состоит из двух групп звезд. Среди этих звезд имеются звезды с пылевыми оболочками, ИК звезды, звезда с кометарной туманностью. Эта область звездообразования входит в радиальную систему темных глобул I вида с центральной звездой HD 144969 (спектральный класс В1 III). Эта радиальная система не входит в известные каталоги радиальных систем, значит это новая радиальная система.

STAR FORMING REGIONS SNO 76 AND RCW 105

A.L.GYULBUDAGHIAN

Two star forming regions in the southern sky are considered. The first of them, SNO 76, consists of stars, composing trapezium type system, as well as of IR stars and stars with dust envelopes. One of the stars is connected with a cometary nebula and is a variable star with an amplitude $3^m.77$. With this region an IR point source IRAS 10138-6004 is connected. $^{12}\text{CO}(1-0)$ observations of molecular cloud, connected with that star forming region revealed existence of red-shifted and blue-shifted outflows. The second star-forming region, RCW 105, consists of two groups of stars and of the stars on the bright filaments. Among these stars there are IR stars, and stars with dust envelopes. This star forming region is embedded in a type I radial system of dark globules, which is formed by the star HD 144969. This radial system is not presented in any known catalogues of radial systems.

Key words: *star forming region: molecular outflow: IR stars*

ЛИТЕРАТУРА

1. A.L.Gyulbudaghian, L.F.Rodriguez, V.M.Villanueva, Rev. Mex. Astron. Astrofis., **25**, 19, 1993.
2. A.L.Gyulbudaghian, J.May, L.Gonzalez, R.Mendez, Rev. Mex. Astron. Astrofis., **40**, 137, 2004.
3. А.Л.Гюльбудагян, Х.Май, Астрофизика, **51**, 29, 2008, (Astrophysics, **51**, 18, 2008).
4. А.Л.Гюльбудагян, Х.Май, Астрофизика, **50**, 5, 2007, (Astrophysics, **50**, 1, 2007).
5. Н.Д.Эванс, "Протозвезды и планеты", М., Мир, 1982, с.171.
6. F.Comeron, N.Schneider, D.Russel, Astron. Astrophys., **433**, 955, 2005.
7. N.Zacharias, D.G.Monet et al., The Naval Observatory Merged Astrometric dataset, 2005.
8. А.Л.Гюльбудагян, Астрофизика, **59**, 403, 2016, (Astrophysics, **59**, 360, 2016).
9. T.M.Girard, W.F.Van Alena et al., Astron. J., **142**, 15, 2011.
10. IRAS Point Source Catalog, Version 2, 1988, Washington.
11. J.Wouterloot, C.Walmsley, Astron. Astrophys., **168**, 237, 1986.
12. А.Л.Гюльбудагян, Р.Шварц, Ф.Назаретян, Сообщ. Бюраканской обс., **63**, 3, 1990.
13. В.А.Skiff, General Catalogue of Stellar Spectral Classifications, Lowell Observatory, 2014.
14. А.Л.Гюльбудагян, В.А.Акопян, Астрофизика, **33**, 395, 1990, (Astrophysics, **33**, 528, 1990).
15. A.L.Gyulbudaghian, R.A.Mendez, Rev. Mex. Astron. Astrofis., **51**, 183, 2015.
16. К.У.Алиен, Астрофизические величины, М., Мир, 1977.
17. F. Van Leeuwen, Astron. Astrophys., **474**, 653, 2007.